

**ANALISA GAYA PADA TELESCOPE BOOM DENGAN
VARIASI PANJANG LENGAN BOOM DAN SUDUT KERJA
BOOM PADA UNIT ROUGH TERRAIN CRANE KATO
KR20H**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

MOHAMMAD FAIZ

D 200 150 226

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA GAYA PADA TELESCOPE BOOM DENGAN VARIASI
PANJANG LENGAN BOOM DAN SUDUT KERJA BOOM PADA UNIT
ROUGH TERRAIN CRANE KATO KR20H**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

MOHAMMAD FAIZ

NIM : D 200 150 226

Sudah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen
Pembimbing



Ir. H. Subroto, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA GAYA PADA TELESCOPE BOOM DENGAN VARIASI
PANJANG Lengan BOOM DAN SUDUT KERJA BOOM PADA UNIT
ROUGH TERRAIN CRANE KATO KR20H**

Oleh:

MOHAMMAD FAIZ

NIM : D 200 150 226

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari sabtu 28 september 2019

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- 1. Ir. H. Subroto, M.T.**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Ir. Sartono Putro, M.T.**
(Anggota I Dewan Penguji))
- 3. Ir. Tri Tjahyono, M.T.**
(Anggota II Dewan Penguji))

(.....)
(.....)
(.....)



Dekan Fakultas Teknik,

H. Sri Sunarjono, M.T., PhD

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 28 September 2019

Penulis



MOHAMMAD FAIZ

D 200 150 226

ANALISA GAYA PADA TELESCOPE BOOM DENGAN VARIASI PANJANG LENGAN BOOM DAN SUDUT KERJA BOOM PADA UNIT ROUGH TERRAIN CRANE KATO KR20H

Abstrak

Telescope boom merupakan attachment untuk mempermudah rough terrain crane dalam melakukan kerja yang berfungsi sebagai pengangkat beban untuk memindahkannya dari satu tempat ke tempat lain. Telescope boom pada unit rough terrain crane mempunyai 4 section yang dimana section pertama disebut baseboom. Sedangkan Elevating cylinder merupakan attachment untuk membantu menggerakkan telescope boom secara naik dan turun. Kedua attachment ini digerakkan oleh sistem hidrolik. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui gaya reaksi yang terjadi pada telescope boom dengan beberapa variasi. Variasi yang pertama yaitu perubahan panjang lengan dengan sudut kerja yang tetap (80°), kemudian variasi yang kedua yaitu perubahan sudut kerja dengan panjang lengan yang tetap (26.7m). Dan mengetahui daya pompa yang dibutuhkan elevating cylinder untuk mengangkat telescope boom akibat gaya reaksi dari pembebanan. Dari hasil perhitungan gaya reaksi dengan variasi panjang lengan adalah semakin panjang lengan pada telescope boom maka gaya reaksi yang terjadi pada telescope boom akan semakin besar, sedangkan dengan variasi sudut kerja adalah semakin besar sudut pada telescope maka gaya reaksi pada sumbu x (A_x & B_x) semakin kecil sedangkan gaya reaksi pada sumbu y (A_y & B_y) tidak mengalami banyak perubahan nilai. Dan untuk daya pompa dengan variasi panjang lengan adalah semakin panjang lengan boom, maka semakin besar daya yang dibutuhkan untuk memompa Elevating cylinder, sedangkan dengan variasi sudut kerja tidak mempengaruhi banyak daya yang dibutuhkan untuk memompa Elevating cylinder.

Kata kunci: telescope boom, rough terrain crane, elevating cylinder, gaya reaksi, daya pompa

Abstract

Telescope boom is an attachment to facilitate rough terrain cranes in doing work that functions as a weight lifter to move it from one place to another. The telescope boom on the rough terrain crane unit has 4 sections in which the first section is called the baseboom. While the Elevating cylinder is an attachment to help move the telescope boom up and down. Both of these attachments are driven by a hydraulic system. This calculation aims to determine the reaction force that occurs in the telescope boom with a number of variations. The first variation is the change in arm length with a fixed work angle (80°), then the second variation is the change in work angle with a fixed arm length (26.4m). And know the pump power needed by the elevating cylinder to lift the telescope boom due to the reaction force of the loading. From the results of the calculation of the reaction force with variations in arm length is the longer the arm on the telescope boom,

the reaction force that occurs on the telescope boom will be even greater, while the variation of the working angle is the greater angle on the telescope, the reaction force on the x axis (A_x & B_x) the smaller the reaction force on the y-axis (A_y & B_y) does not experience much change in value. And for pump power with variations in arm length is the longer the boom arm, the greater the power needed to pump the elevating cylinder, while the variation in work angle does not affect much of the power needed to pump the elevating cylinder.

Keywords: telescope boom, rough terrain crane, elevating cylinder, reaction force, pump of power

1. PENDAHULUAN

Rough Terrain Crane merupakan *crane* yang dirancang untuk beroperasi khusus pada tempat yang sempit dengan kapasitas 12-80 ton, untuk di jalan dan off-road dan medan yang sulit. *Rough terrain crane* digunakan untuk operasi *pick and carry* seperti pembangunan jembatan dan proyek-proyek konstruksi yang besar dimana kemampuan manuver yang tinggi dan kapasitas angkat yang dibutuhkan. *Rough terrain crane* terbagi 2 yaitu bagian atas (*upperstructure*) dan bagian bawah (*understructure*).

Sistem pengangkatan dilakukan pada bagian *upperstructure crane*, Dimana terpasang attachment pengangkat berupa telescope boom, yang mampu melakukan perpanjangan pada lengan. Pada unit rough terrain crane kato KR20H, telescope boom memiliki 4 section, dimana section 1 disebut baseboom. Telescope boom. Untuk mengangkat dan menurunkan beban telescope boom ditopang dengan elevating cylinder sampai ketinggian tertentu. Elevating cylinder ini menggunakan sistem hidrolik. Selain telescope boom dan elevating cylinder ada Attachment yang lain meliputi : wire rope, host, winch drum, dll.

Tugas akhir ini ditulis untuk menghitung gaya-gaya reaksi yang terjadi pada *telescope boom* yang melakukan pengangkatan beban dengan beberapa variasi sudut kerja dan variasi panjang lengan, dan dengan beban pengangkatan maksimum. Dari data-data hasil perhitungan gaya, nantinya akan dapat dijadikan perbandingan untuk mengetahui daya pompa yang dibutuhkan untuk menggerakkan silinder angkat saat melawan gaya pembebanan selama proses pengangkatan berlangsung.

2. METODE

Adapun tujuan dari kegiatan ini antara lain: Mengetahui besarnya gaya yang terjadi pada *telescope boom* dalam saat proses pengangkatan dengan sudut kerja *boom* tetap (80°) dan setiap perpanjangannya lengan *boom*. Mengetahui besarnya gaya yang terjadi pada *telescope boom* dalam saat proses pengangkatan dengan panjang lengan *boom* tetap (26,7 m) dan setiap penambahan sudut kerja *boom*. Mengetahui perbandingan besarnya daya yang dibutuhkan pompa untuk menggerakkan *elevating cylinder* antara perhitungan daya dengan variasi panjang lengan *boom* dan variasi sudut kerja *boom*.

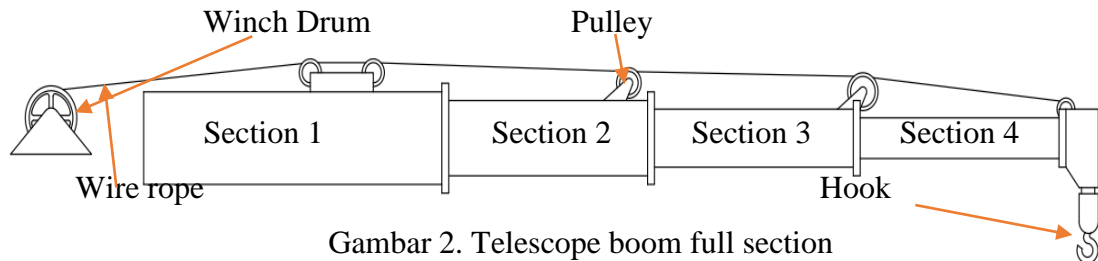
Rough terrain crane kato KR20H merupakan alat berat yang diproduksi dari perusahaan Kato Works, yang berada di Jepang, *crane* jenis ini merupakan jenis *rough terrain crane* yang mampu bekerja di medan sulit dan sempit, alat ini mempunyai kemampuan *crab steering* (kemampuan bermanuver menyamping). Dalam kegiatan laporan ini mengambil sampel pada *rough terrain crane KR20H* dengan kendali hidrolis dan mempunyai 4 section pada *telescope boom* yang terbuat dari baja dengan high tension struktur dan tahan puntiran. Berat dari unit ini adalah 20 ton.



Gambar 1. *Rough Terrain Crane KATO KR20H* di lapangan

Lengan (*Boom*) merupakan attachment untuk mempermudah *crane* dalam melakukan kerja yang berfungsi sebagai pengangkat beban untuk memindahkannya dari satu tempat ke tempat lain. Pada kegiatan ini diasumsikan bobot maksimum dari beban yang diangkat adalah sebesar 20 ton sesuai dengan kapasitas pengangkatan maksimum. *Telescope boom* akan menerima gaya-gaya

besar yang akan ber-reaksi saat pengangkatan beban berlangsung maupun gerakan memanjang dan memendek pada lengannya.

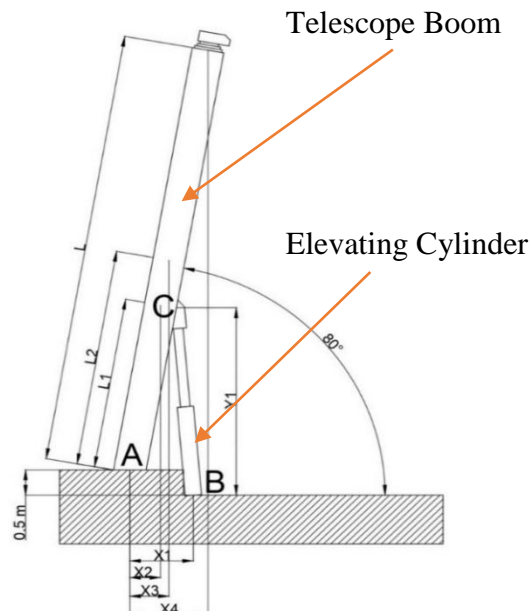


Gambar 2. Telescope boom full section

Elevating cylinder merupakan attachment yang berguna untuk mengangkat / lifting pada saat telescope boom akan dioperasikan. *Elevating cylinder* menggunakan kompresi hidrolis yang tinggi karena akan menerima beban angkat dari berat lengan maupun dari gaya – gaya reaksi yang terjadi pada lengan.



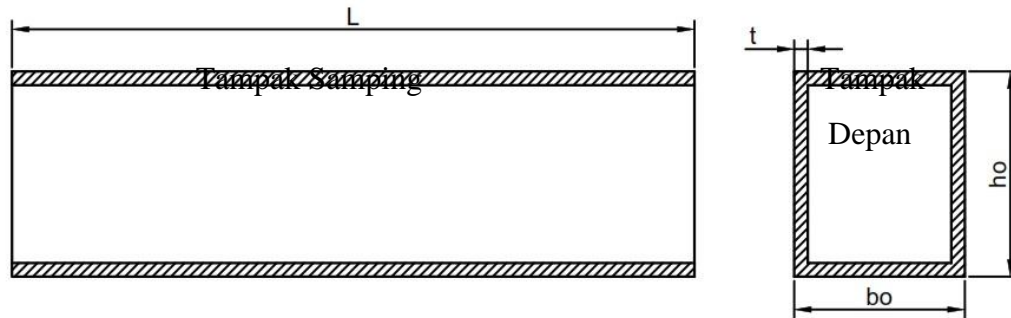
Gambar 3. *Elevating cylinder* di lapangan



Gambar 4. Hubungan *telescope boom* dan *elevating cylinder* pada *rough terrain crane*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas penampang telescope boom Data dimensi pada lengan yang didapat dilapangan bertujuan untuk mencari luas *penampang* pada setiap lengan *boom*. Untuk mencari luas penampang pada setiap lengan *boom*, menggunakan persamaan : **Kurt M. Marshek (hal 56)**.



Gambar 5. Dimensi *telescope boom rough terrain crane*

$$A = (ho \times bo) - ((ho - 2t) \times (bo - 2t)) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

A = Luas penampang *telescope boom* (mm^2)

ho = Tinggi lengan (mm)

bo = Lebar lengan (mm)

t = tebal lengan (mm)

Berat telescope boom

Berat setiap lengan pada rough terrain crane berbeda-beda dari section 1 hingga 4. Untuk mencari berat pada telescope boom menggunakan persamaan :

$$Qb = A \times L \times \gamma \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

Qb = Berat setiap section *boom* (N)

A = Luas penampang *telescope boom* (m^2)

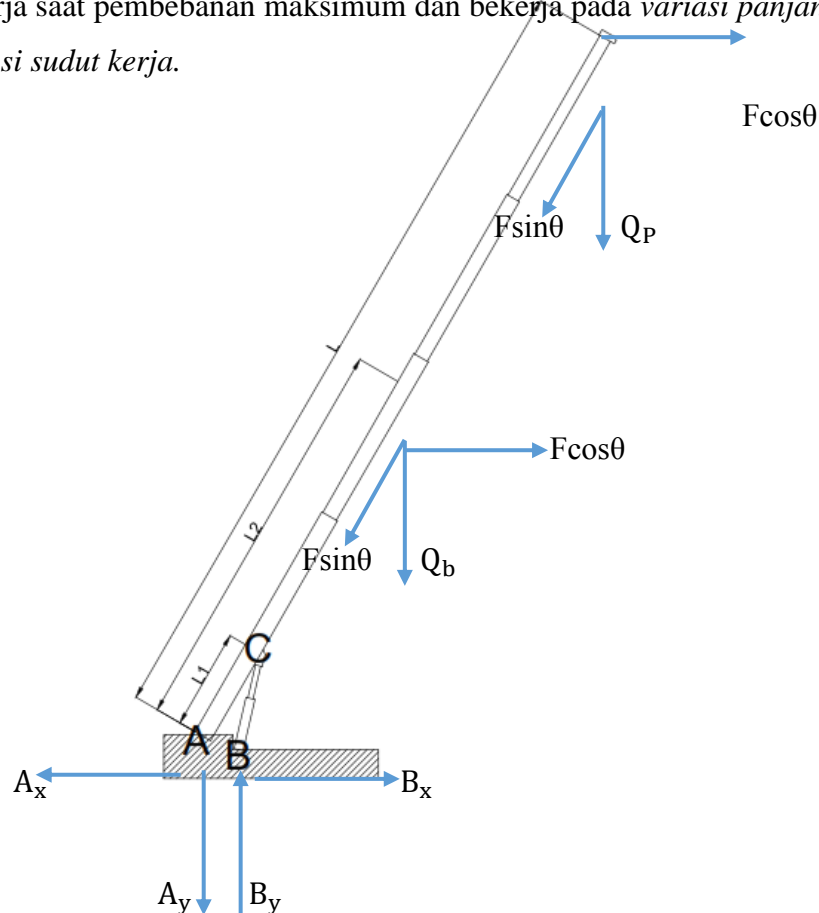
L = Panjang *boom* (m)

γ = Berat jenis baja (N/m^3) : 76930 N/m^3

Gaya adalah interaksi apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan gerak, baik dalam bentuk arah, maupun konstruksi geometris. *Gaya* memiliki besaran (magnitude) dan arah, sehingga

merupakan kuantitas vektor. Satuan SI yang digunakan untuk mengukur gaya adalah *Newton* (dilambangkan dengan N).

Rough terrain crane merupakan alat pengangkat beban, akan banyak gaya yang terjadi pada *rough terrain crane*. Pada skripsi ini penulis akan berfokus pada gaya-gaya yang terjadi pada telescope boom dan cylinder elevating yang bekerja saat pembebanan maksimum dan bekerja pada variasi panjang lengan dan variasi sudut kerja.



Gambar 6. Gaya yang terjadi pada *telescope boom*

Pada gambar ilustrasi di atas tumpuan A dan B akan menerima gaya geser A_x dan B_x , sementara gaya vertikal F_y akan terjadi pada tumpuan A dan B dimana tumpuan A menerima gaya tekan akibat berat dari lengan dan tumpuan B menerima gaya dorong akibat dorongan dari cylinder elevating saat akan menaikkan lengan. Sedangkan tumpuan C akan menerima gaya vertikal dari A dan B, gaya berat dari lengan (Q_b) dan gaya dari beban pengangkatan (Q_p).

Setelah diketahui gaya-gaya yang terjadi pada telescope boom dan cylinder elevating. Gaya reaksi yang bekerja pada tumpuan A, B, dan C dapat dianalisa dengan rumus kesetimbangan:

$$\Sigma \mathbf{M} = 0 \qquad \Sigma \mathbf{F_x} = 0 \qquad \Sigma \mathbf{F_y} = 0$$

Pada unit *Rough Terrain Crane KATO KR20H* menggunakan pompa hidrolis terdiri dari (empat *external gear pump*) yang disambungkan dengan kopling. *Gear pump* adalah jenis pompa *positive displacement* dimana fluida akan mengalir melalui celah-celah roda gigi dengan dinding rumahnya. Sedangkan pompa *positive displacement* berarti pompa tersebut menghisap sejumlah fluida yang terjebak yang kemudian ditekan dan dipindahkan ke arah keluaran (*outlet*). Saat proses pengangkatan beban, *elevating cylinder* yang melakukan pengangkatan pada telescopic boom akan menerima beban gaya dari berat lengan maupun beban angkat. Oleh karena itu perlu diketahui daya pompa, agar *elevating cylinder* dapat bekerja secara optimal. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam mencari daya pompa:

Luas Alas Elevating Cylinder

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

A : Luas alas elevating cylinder(cm²)

π : Konstanta untuk mencari luas lingkaran

d : Diameter dalam cylinder (cm)

Tekanan pada Elevating Cylinder

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

P : Tekanan pada elevating cylinder (kg/cm²)

F : Gaya pada elevating cylinder N

A : Luas alas elevating cylinder(cm²)

Kecepatan angkat cylinder

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(5)$$

keterangan:

v : Kecepatan angkat cylinder (m/s)

s : Panjang langkah piston cylinder untuk pengangkatan (m)

t : Waktu pengangkatan (detik)

Oil flow rate

$$Q = v \cdot A \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

Q : Kapasitas aliran oli (m³/s)

v : Kecepatan angkat cylinder (m/s)

A : Luas alas cylinder elevating (m²)

Daya untuk menggerakkan pompa

$$N_p = \frac{P \cdot Q}{450} \text{ PS} \dots \dots \dots (7)$$

keterangan :

N_p : Daya untuk menggerakkan pompa (HP)

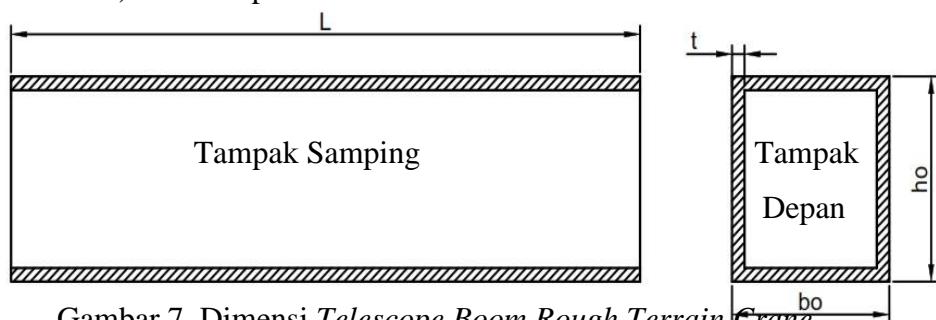
P : Tekanan hydraulic (kg/cm²)

Q : Kapasitas aliran oli (liter/menit)

450 : Angka konversi untuk PS

Data yang diperoleh untuk perhitungan analisa gaya dan daya elevating cylinder ini dari *Rough Terrain Crane Kato KR20H Specification book* dan pengukuran langsung di lapangan, data didapatkan seperti berikut:

a) Telescope Boom



Gambar 7. Dimensi *Telescope Boom Rough Terrain Crane*

Keterangan :

L : panjang lengan

ho : tinggi lengan

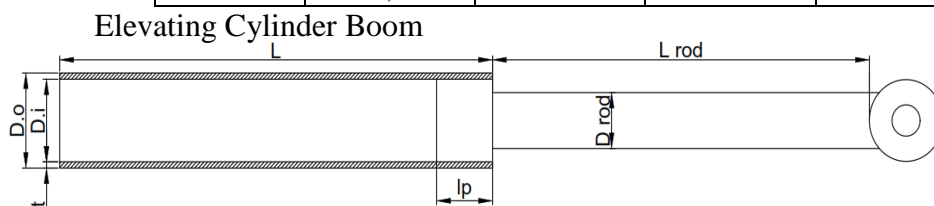
bo : lebar lengan

t : ketebalan lengan

Data Diperoleh:

Tabel 1. Dimensi *telescope boom*

Section	Panjang/ L (m)	Lebar/ bo (mm)	Tinggi/ ho (mm)	Tebal/ t (mm)
Section 1	8,4	380	598	24
Section 2	6,1	340	558	24
Section 3	6,1	300	518	24
Section 4	6,1	260	478	24



Gambar 8. Dimensi *Elevating Cylinder*

Data diperoleh:

Tabel 2. Dimensi *elevating cylinder*

Satuan	L	D.i	D.o	T	lp	L rod	D rod
Cm	175	26	30	2	20	155	18

Untuk waktu pengangkatan *Elevating Cylinder* yang diperoleh : 72 detik dari sudut 0° - 80° . Data ini digunakan untuk mencari kecepatan pengangkatan *Elevating Cylinder*

Tabel 3. Hasil perhitungan gaya reaksi dengan variasi panjang lengan boom

No	Sudut Kerja ($^\circ$)	Beban Angkat (N)	Panjang Lengan (m)	Gaya Reaksi (N)			
				Ax	Bx	Ay	By
1	80	196000	8,4	86.633,4 44	86.633,4 44	324.788, 785	601.839,9 05
2	80	196000	14,5	206.989, 055	206.989, 055	776.001, 970	1.049.045, 905
3	80	196000	20,6	324.945, 713	324.945, 713	1.218.21 1,481	1.495.271, 601
4	80	196000	26,7	442.169, 719	442.169, 719	1.657.69 4,277	1.934.745, 399

Berdasarkan dari tabel 3. Gaya yang terjadi pada *telescope boom* dengan sudut kerja yang tetap (80°) dan perubahan panjang setiap lengan *boom* dari section 1 hingga section 4, dilihat dari panjang lengan yang terpendek (section 1) yaitu gaya reaksi $A_x = 86.633,444$ N dan $A_y = 324.788,785$ N pada tumpuan A dan gaya reaksi $B_x = 86.633,444$ N dan $B_y = 601.839,905$ N pada tumpuan B, dan hingga panjang lengan yang terpanjang yaitu gaya reaksi $A_x = 442.169,719$ N dan $A_y = 1.657.694,277$ N pada tumpuan A dan gaya reaksi $B_x = 442.169,719$ N dan $B_y = 1.934.745,399$ N pada tumpuan B. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin panjang lengan pada *telescope boom* maka gaya reaksi yang terjadi pada *telescope boom* akan semakin besar.

Tabel 4. Hasil perhitungan gaya reaksi dengan variasi sudut kerja boom

No	Sudut Kerja ($^\circ$)	Beban Angkat (N)	Panjang Lengan (M)	Gaya Reaksi (N)			
				Ax	Bx	Ay	By
1	20	196000	26,7	1.018.589,597	1.018.589,597	1.658.263,864	1.935.314,984
2	40	196000	26,7	632.757,407	632.757,407	1.658.457,166	1.935.508,286
3	60	196000	26,7	493.827,255	493.827,255	1.657.778,094	1.934.829,214
4	80	196000	26,7	442.169,719	442.169,719	1.657.694,277	1.934.745,399

Berdasarkan dari tabel 4, Gaya yang terjadi pada *telescope boom* dengan panjang lengan tetap (*full section*) dan terjadi perubahan setiap sudut kerja, dari sudut kerja yang terkecil yaitu gaya reaksi $A_x = 1.018.589,597$ N dan $A_y = 1.658.263,864$ N pada tumpuan A dan gaya pada $B_x = 1.018.589,597$ N dan $B_y = 1.935.314,984$ N pada tumpuan B, dan hingga sudut kerja yang terbesar yaitu gaya $A_x = 442.169,719$ N dan $A_y = 1.657.694,277$ N pada tumpuan A dan gaya pada $B_x = 442.169,719$ N dan $B_y = 1.934.745,399$ N pada tumpuan B. Dapat dilihat ketika terjadi perubahan sudut kerja pada *telescope boom*, gaya reaksi pada sumbu x (A_x & B_x) mengalami penurunan gaya reaksi dari **1.018.589,597 N** hingga **442.169,719 N**. Sedangkan gaya reaksi pada sumbu y (A_y & B_y) mengalami sedikit perubahan gaya reaksi.

Tabel 5. Hasil perhitungan daya pompa yang dibutuhkan elevating cylinder akibat penambahan panjang lengan boom

No	Panjang Lengan (m)	Gaya Reaksi pada By (N)	Tekanan cylinder elevating (kg/cm ²)	Kecepatan Angkat (m/s)	Oil Flow Rate (liter/m)	Daya Pompa (HP)
1	8,4	601.839,905	113,01	0,021	66,78	16,434
2	14,5	1.049.045,905	201,03	0,021	66,78	29,235
3	20,6	1.495.271,601	280,78	0,021	66,78	40,833
4	26,7	1.934.745,399	363,31	0,021	66,78	52,836

Berdasarkan dari tabel 5. Daya yang dibutuhkan untuk memompa *Elevating cylinder* agar mampu mengangkat *Telescope boom*, dengan variasi yang pertama (sudut kerja tetap dengan perubahan panjang lengan), daya dari panjang lengan yang terkecil hingga yang terbesar, yaitu **16,434 HP; 29,235 HP; 40,833 HP; dan 52,836 HP**. mengalami perubahan di setiap perubahan panjang lengannya. Dapat disimpulkan bahwa semakin panjang lengan pada *telescope boom* maka daya yang dibutuhkan untuk memompa *elevating cylinder* semakin besar.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Daya Pompa Yang Dibutuhkan Elevating Cylinder Akibat Penambahan Sudut Kerja Boom

No	Sudut kerja (°)	Gaya Reaksi pada By (N)	Tekanan cylinder elevating (kg/cm ²)	Kecepatan Angkat (m/s)	Oil Flow Rate (liter/m)	Daya Pompa (HP)
1	20	1.935.314,984	255,94	0,021	66,78	27,221
2	40	1.935.508,286	345,58	0,021	66,78	50,258
3	60	1.934.829,214	361,13	0,021	66,78	52,519
4	80	1.934.745,399	363,31	0,021	66,78	52,836

Berdasarkan dari tabel 6. Daya yang dibutuhkan untuk memompa *Elevating cylinder* agar mampu mengangkat *Telescope boom*, dengan variasi yang kedua (panjang lengan tetap dengan perubahan sudut kerja), daya dari panjang lengan yang terkecil hingga yang terbesar, yaitu **27,221 HP; 50,258 HP; 52,519 HP; dan 52,836 HP**. Dapat disimpulkan bahwa perubahan sudut kerja pada

telescope boom juga mempengaruhi daya yang dibutuhkan untuk memompa elevating cylinder sehingga daya, akan tetapi perubahannya tidak sebanyak dengan variasi yang pertama.

4. PENUTUP

Dari hasil perhitungan di bab 3 dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Gaya yang terjadi pada *telescope boom* dengan sudut kerja yang tetap (80°) dan perubahan panjang lengan boom (8,4 m, 14,5 m, 20,6 m dan 26,7 m), semakin panjang lengan pada *telescope boom* maka gaya reaksi yang terjadi pada *telescope boom* akan semakin besar, Gaya yang terjadi pada *telescope boom* dengan panjang lengan tetap (*full section*) dan terjadi perubahan sudut kerja, dari sudut kerja 20° , 40° , 60° dan 80° , semakin besar sudut pada telescope maka gaya reaksi pada sumbu vertikal (A_x & B_x) semakin kecil sedangkan gaya reaksi pada sumbu horizontal (A_y & B_y) tidak mengalami banyak perubahan, Perbandingan antara variasi panjang lengan boom dengan variasi sudut kerja boom adalah perubahan sudut kerja hanya mempengaruhi sedikit daya yang dibutuhkan untuk memompa *Elevating cylinder*, sedangkan perubahan panjang lengan sangat mempengaruhi daya yang dibutuhkan untuk memompa *Elevating cylinder*.

Adapun saran yang akan disampaikan ketika pengerjaan dalam tugas akhir ini yang dilaksanakan di CV Mitra Perdana Equipment: Sebelum melakukan pengukuran di lapangan pastikan pahami terlebih dahulu specification book unitnya, sehingga mengerti data apa saja yang kurang dari specification book, setelah itu lakukan pengukuran di lapangan, Dalam pengambilan data pastikan dalam kondisi aman dan menggunakan perlengkapan safety untuk menjamin keselamatan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Kurt M. Marshek. 1987 *“Design of Machine and Structural Parts”*, Penerbit John Wiley & Sons, USA.
- Syamsir, A. Muin. 1987. *“Pesawat-Pesawat Pengangkat Edisi ke-1”*, Jakarta: Penerbit CV. Rajawali,

- Zainuri, Ach. Muhib. 2008. ***“Mesin Pemindah Bahan (Material Handling Equipment)”***, Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET
- Team Pengembang Vokasi. 2016. ***“Hydraulic System Pengenalan Dan Perawatan Sistem Hidrolik Pada Alat Berat”***. Surakarta : Sekolah Vokasi
- Hakim, radhitya aulia. 2017. ***“Analisa Gaya Pada Telescopic Boom Truck Crane XCMG QY50K”*** Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Widyarsono, Hidayat. 2018. ***“Analisa Beban Maksimum Yang Dapat Diangkat Crawler Crane XCMG QUY55”*** Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Bako, Roni Hamdani. 2009. ***“Analisis Teoritis Kapasitas Angkat Terhadap Keseimbangan Peralatan Pengangkat Reachstacker Pada Berbagai Kombinasi Sudut Dan Panjang Lengan Pengangkat”***, Medan : Universitas Sumatra Utara